

## MAGNETIC IMPEDANCE HEAD MODULE

Patent number: JP2001318131

Publication date: 2001-11-16

Inventor: UMEHARA TAMIO; TAKAYAMA AKIO; YUGUCHI AKIYO; KATO  
HIDEKI

Applicant: MINEBEA CO LTD

Classification:

- international: G01R33/02

- european:

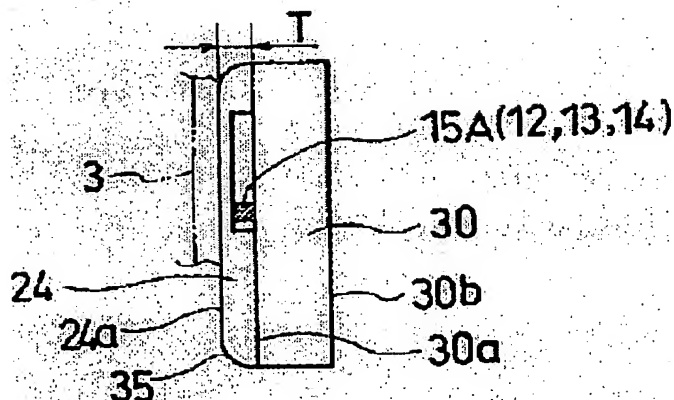
Application number: JP20000137347 20000510

Priority number(s):

## Abstract of JP2001318131

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small and reliable magnetic impedance head module exhibiting excellent sensitivity characteristics in the detection of a subtle micro magnetic field at a low cost.

**SOLUTION:** Thickness of a coating 24 covering a thin film MI element 15A is set at  $100\ \mu\text{m}$  or less, the surface part 30a of the coating 24 faces an article 3 to be measured and the corner parts and side parts of the surface part 30a are rounded 35. The module touches the article 3 smoothly to ensure smooth movement thereof thus ensuring good detection while enhancing reliability. A thin film negative feedback coil 12 and a thin film bias coil 13 are wound around a thin film magnetic core 14 to constitute the thin film MI element 15A which can reduce the size.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-318131

(P2001-318131A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 R 33/02

識別記号

F I

G 0 1 R 33/02

データ\* (参考)

D 2 G 0 1 7

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-137347 (P2000-137347)

(22) 出願日 平成12年5月10日 (2000. 5. 10)

(71) 出願人 000114215

ミネベア株式会社

長野県北佐久郡御代田町大字御代田4106-73

(72) 発明者 梅原 多美雄

静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベア株式会社浜松製作所内

(72) 発明者 高山 昭夫

静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベア株式会社浜松製作所内

(74) 代理人 100068618

弁理士 専 経 夫 (外3名)

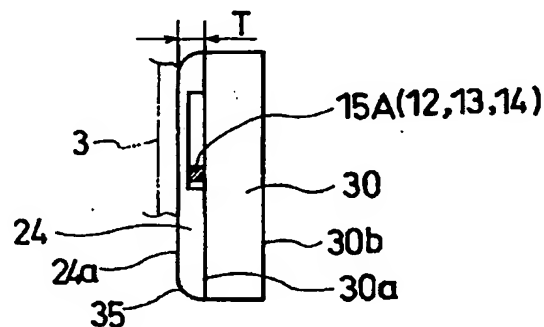
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気インピーダンスヘッドモジュール

(57) 【要約】

【課題】 小型で低コスト、かつ、微細で微小磁界の検出に対する感度特性に優れ、さらに信頼性がある磁気インピーダンスヘッドモジュールを提供する。

【解決手段】 薄膜MI素子15Aを覆うコーティング24の厚さを100μm以下に設定し、コーティング24の表面部30aを被測定物3と対向させるように構成し、表面部30aにおける角部及び辺部には丸み35を付けた。被測定物3に円滑に接触して被測定物3のスムーズな動きが確保され、良好な検出ひいては信頼性の向上を図ることができる。薄膜磁気コア14に薄膜負帰還コイル12及び薄膜バイアスコイル13を巻回して薄膜化された薄膜MI素子15Aを構成した。薄膜MI素子15Aが薄膜で構成されることから小型化が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された薄膜磁気コアと、該薄膜磁気コアの長手方向両端に設けられた第1の電極及び第2の電極と、前記薄膜磁気コアに絶縁体を介して設けた薄膜バイアスコイル及び薄膜負帰還コイルとを備えた磁気インピーダンスセンサヘッドスライダと、

発振回路及び検波・増幅回路を有する駆動回路とからなる磁気インピーダンスヘッドモジュールであって、前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダにおける薄膜磁気コアが形成された面部を被測定物と対向させることを特徴とする磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項2】 前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダの被測定物と対向する面部における角部及び辺部は、エッジブレンドされていることを特徴とする請求項1記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項3】 前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダの被測定物と対向する面部に全体で10 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下の保護膜を施したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項4】 前記基板にスルーホールを形成し、該スルーホールを通して第1の電極、第2の電極、薄膜バイアスコイルの端子及び薄膜負帰還コイルの端子を、前記基板における薄膜磁気コアが形成された面と反対側の面部に設けた各端子と接続することを特徴とする請求項1から請求項3までのいずれかに記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項5】 磁気インピーダンスセンサヘッドスライダ上に駆動回路を搭載したことを特徴とする請求項1から請求項4までのいずれかに記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項6】 駆動回路及び磁気インピーダンスセンサヘッドスライダをボールグリッドアレイにより接続し、一体化したことを特徴とする請求項1から請求項5までのいずれかに記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項7】 ボールグリッドアレイは半田ボールであることを特徴とする請求項6記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

【請求項8】 ボールグリッドアレイはAuボールであることを特徴とする請求項6記載の磁気インピーダンスヘッドモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気センサに関し、特に高感度磁気センサである磁気インピーダンスセンサに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 最近の情報機器や計測・制御機器の急速な発展にともない小型・低コストで高感度・高速応答の磁気センサの要求がますます大きくなっている。たとえば、カードリーダー、交通機関の自動改札装置及び紙幣検査装置等における磁気印刷や磁気記録の密度が高くなっていること、及び非接触で読取りたいという要求があることから、磁気抵抗効果(MR)センサに代わり微弱な表面磁束を感度良く検出できる小型の磁気検出素子の需要が大きくなっている。

【0003】 現在、用いられている代表的な磁気検出素子として誘導型再生磁気ヘッド、磁気抵抗効果(MR)素子、フラックスゲートセンサ、ホール素子等がある。また、最近、アモルファスワイヤーの磁気インピーダンス効果(特開平6-176930号公報、特開平7-181239号公報、特開平7-333305号公報)や、磁性薄膜の磁気インピーダンス効果(特開平8-75835号公報、日本応用磁気学会誌vol.20,553(1996)参照)を利用した高感度の磁気センサが提案されている。

【0004】 誘導型再生磁気ヘッドは、コイル巻線が必要であるため磁気ヘッド自体が大型化するという問題がある。また、仮に小型化しようとしても磁気ヘッドと媒体の相対速度が低下して検出感度が著しく低下するという問題がある。これに対して、強磁性膜による磁気抵抗効果(MR)素子が用いられるようになってきた。MR素子は磁束の時間変化ではなく磁束そのものを検出するものであり、これにより磁気ヘッドの小型化が進められてきた。

【0005】 しかし、現在のMR素子、たとえばスピナルバルブ素子を用いたMR素子でさえ電気抵抗の変化率が最大6%以下と小さく、また数%の抵抗変化を得るのに必要な外部磁界は1.6kA/m以上と大きい。従って磁気抵抗感度は0.001%/(A/m)以下の低感度である。また、最近、磁気抵抗変化率が数10%を示す人工格子による巨大磁気抵抗効果(GMR)が見いだされてきた。しかし、数10%の抵抗変化を得るためには数十A/mの外磁界が必要である。

【0006】 フラックスゲートセンサはパーマロイ等の高透磁率磁心の対称なB-H特性が外部磁界によって変化することを利用して磁気の測定を行うものであり、高分解能と $\pm 1^\circ$ の高指向性を有する。しかし、検出感度をあげるために大型の磁心が必要としセンサ全体の寸法を小さくすることが難しく、また、消費電力が大きいという問題点がある。

【0007】 ホール素子を用いた磁界センサは電流の流れる面に垂直に磁界を印加すると、電流と印加磁界の両方向に対して垂直な方向に電界が生じてホール素子に起電力が誘起される現象を利用したセンサである。ホール素子はコスト的には有利であるが磁界検出感度が低く、また、SiやGaAsなどの半導体で構成されるため温度変化に対して半導体内の格子の熱振動による散乱によって電

10

20

30

40

50

子、または正孔の移動度が変化するため磁界感度の温度特性が悪いという欠点を持つ。

【0008】上述したように特開平6-176930号公報、特開平7-181239号公報、特開平7-333305号公報により磁気インピーダンス素子が提案され、この磁気インピーダンス素子により大幅な磁界感度の向上が図られている。この磁気インピーダンス素子は、時間的に変化する電流を磁性線に印加することによって生じる円周磁束の時間変化に対する電圧のみを、外部印加磁界による変化として検出することを基本原理としている。

【0009】図15はその磁気インピーダンス素子の例を示したものである。図15の磁気インピーダンス素子1では、磁性線2としてFeCoSiB等の零磁歪の直径30 $\mu$ m程度のアモルファスワイヤ（線引後、張力アニールしたワイヤ）が用いられている。図16はワイヤ（例えば図15の磁性線2）のインピーダンス変化の印加磁界依存性を示したものである。長さ1mm程度の微小寸法のワイヤでも10MHz程度の高周波電流を通電するとワイヤの電圧の振幅がMR素子の100倍以上である約0.1%/（A/m）の高感度で変化する。図16は、バイアス磁界を加えることによりインピーダンス変化の印加磁界依存性の直線性が改善されること、及びアモルファスワイヤに負帰還コイルを巻き、アモルファスワイヤの両端の電圧に比例した電流をコイルに通電し負帰還を施すことにより、直線性が優れたしかもセンサ部の温度変化に対して磁界検出感度の不変なセンサを提供できることを示している。

【0010】しかしながら、この高感度磁気インピーダンス素子は直径30 $\mu$ m程度のアモルファスワイヤからなるため微細加工には適しておらず、超小型の磁気検出素子を提供することは困難であった。また、バイアスコイルおよび負帰還コイルはともに細い銅線を巻き回して作製しなければならず小型化するには限界があり、かつ、生産性の面でも問題があった。

【0011】また、局所磁界を検出するためには被測定物3に対してアモルファスワイヤ4を図17に示すように縦方向もしくは横方向（図18）として使わなければならないため、アモルファスワイヤ4の端子部分、バイアスコイル（図示省略）または負帰還コイル（図示省略）の巻き回し部分の厚みが生じ、被測定物3との距離が生じる。そのため、カードリーダー、交通機関の自動改札装置、紙幣検査装置など、被測定物3に接触する可能性のある使用方法に問題がある。図17及び図18において、5は銅板、6は半田、7は磁界感度範囲を示す。

【0012】ところで、紙幣検出装置に用いられる紙幣用磁気検出センサでは、例えば図19に示すMR素子を使用している。この紙幣用磁気検出センサ8では、図20に示すように、2つのMR素子9を使用して紙幣検出を行っている。MR素子9の特性は、図21に示すよう

になり、磁石10の磁界（バイアス磁界）で線形性が得られるように基準点を移動させている。また、磁石10は紙幣に印刷されている磁気インクの着磁にも使用されている。

【0013】この紙幣用磁気検出センサ8の構造では、紙幣（被測定物3）とMR素子9の間にケース11の厚み（250 $\mu$ m程度）分の距離があり、紙幣の磁気検出が低下する。また、MR素子9の検出感度が低い分、紙幣と磁気検出センサを密着させる必要がある。一方、発明者らは特願平9-269084号において薄膜コイルを薄膜磁気コアの周囲に立体的に巻き回し、バイアスコイルと負帰還コイルを具備した小型の磁気インピーダンス素子を提案している。

【0014】この磁気インピーダンス素子を使用した磁気センサは、図22に示すように、負帰還コイル12及びバイアスコイル13を磁気コア14に巻回して設けた2つの薄膜磁気インピーダンス素子15を備えた磁気インピーダンスヘッドスライダと、2つの薄膜磁気インピーダンス素子15を駆動する駆動回路18とから大略構成されている。駆動回路18は、2つの薄膜磁気インピーダンス素子15に高周波電流を供給する発振回路19と、2つの薄膜磁気インピーダンス素子15からの信号を検波する検波回路20と、検波回路20からの電流を差動増幅して出力する増幅回路21と、増幅回路21の出力部と負帰還コイル12との間に介装されて増幅回路21からの出力信号を負帰還コイル12に負帰還させる負帰還部22（負帰還抵抗）とから大略構成されている。

【0015】そして、発振回路19の出力を薄膜磁気インピーダンス素子15に高周波通電し、薄膜磁気インピーダンス素子15の出力を検波回路20（検波回路20に設けた図示しないピークホールド回路）で差動検波し、増幅回路21で増幅している。図23に、薄膜磁気インピーダンス素子15を2つ使用した他のタイプの磁気センサ回路を示す。この磁気センサ回路は、図24に示すように、0.025V/（A/m）の感度を有する直線性に優れた出力特性を示す。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】磁気センサとしては、小型で低コスト、かつ、検出磁界に対する出力の直線性、温度特性に優れた高感度磁気センサであり、かつ、微細で微小磁界を検出するために被測定物3との距離を極力、近づける必要がある。磁気センサとしてMR素子9では磁界感度が低いため、被測定物3を近づける必要があるが、現状の紙幣検出用磁気センサとして用いた場合、ケース11の厚み（250 $\mu$ m程度）分の距離を生じる。また、アモルファスワイヤ4を使用した高感度磁気センサでは、被測定物3との距離が大きいことから、微細な磁界検出を十分には行えない上、生産性の面で問題がある。

【0017】発明者らは特願平9-269084号において薄膜コイルを薄膜磁気コアの周囲に立体的に巻き回し、バイアスコイルと負帰還コイルを具備した小型の磁気インピーダンス素子（薄膜MI素子）を提案している。しかし、図25及び図26に示すように、磁気センサとして動作させるため、回路基板上に薄膜磁気インピーダンス素子15A（薄膜MI素子15A）を搭載し、薄膜MI素子15Aと回路（駆動回路など）を金のワイヤーボンディング23を用いて接続し、樹脂でコーティング24を施す必要がある。この図25及び図26に示す磁気センサでは、薄膜磁気素子と被測定物3との距離が大きくなり、微小で微細な磁界を検出するには適していない。また、上記従来技術では、被測定物3との接触をスムーズに行えず、その分、良好な測定が阻害され信頼性が低下しているというのが実情であった。

【0018】本発明は上記事情を鑑みてなされたものであり、小型で低コスト、かつ、微細で微小磁界の検出に対する感度特性に優れ、さらに信頼性がある磁気インピーダンスヘッドモジュールを提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された薄膜磁気コアと、該薄膜磁気コアの長手方向両端に設けられた第1の電極及び第2の電極と、前記薄膜磁気コアに絶縁体を介して設けた薄膜バイアスコイル及び薄膜負帰還コイルとを備えた磁気インピーダンスセンサヘッドスライダと、発振回路及び検波・増幅回路を有する駆動回路とからなる磁気インピーダンスヘッドモジュールであって、前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダにおける薄膜磁気コアが形成された面部を被測定物と対向させることを特徴とする。

【0020】ここで、薄膜磁気コアは、NiFe、CoFe、NiFeP、FeNiP、FeCoP、FeNiCoP、CoB、NiCoB、FeNiCoB、FeCoB、CoFeのめっき膜、あるいはCoZrNb、FeSiB、CoSiBのアモルファスバタ膜、NiFeスバタ膜により形成されている。また、基板の材料としてはガラス、セラミックス、シリコンを使用する。請求項2記載の発明は、請求項1記載の構成において、前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダの被測定物と対向する面部における角部及び辺部は、エッジブレンドされていることを特徴とする。

【0021】請求項3記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の構成において、前記磁気インピーダンスセンサヘッドスライダの被測定物と対向する面部に全体で10μm以上100μm以下の保護膜を施したことを特徴とする。保護膜の材料としてシリコン、エポキシ、フェノール、ポリイミド、ノルボック系樹脂、セラミックスを使用する。

【0022】請求項4記載の発明は、請求項1から請求

項3までのいずれかに記載の構成において、前記基板にスルーホールを形成し、該スルーホールを通して第1の電極、第2の電極、薄膜バイアスコイルの端子及び薄膜負帰還コイルの端子を、前記基板における薄膜磁気コアが形成された面と反対側の面部に設けた各端子と接続することを特徴とする。

【0023】請求項5記載の発明は、請求項1から請求項4までのいずれかに記載の構成において、磁気インピーダンスセンサヘッドスライダ上に駆動回路を搭載したことを特徴とする。請求項6記載の発明は、請求項1から請求項5までのいずれかに記載の構成において、駆動回路及び磁気インピーダンスセンサヘッドスライダをボールグリッドアレイにより接続し、一体化したことを特徴とする。請求項7記載の発明は、請求項6記載の構成において、ボールグリッドアレイは半田ボールであることを特徴とする。請求項8記載の発明は、請求項6記載の構成において、ボールグリッドアレイはAuボールであることを特徴とする。

【0024】

20 【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態の磁気インピーダンスヘッドモジュールを図1ないし図3に基づいて説明する。この磁気インピーダンスヘッドモジュールは、ガラス、セラミックス、シリコン等の非磁性体からなる略矩形の基板30と、基板30上に搭載された薄膜磁気インピーダンス素子15A（薄膜MI素子15A）とを備えた磁気インピーダンスセンサヘッドスライダ（MIセンサヘッドスライダ31）と、薄膜MI素子15Aを駆動する図示しない駆動回路18（図23参照）とから大略構成されている。

30 【0025】駆動回路18は、薄膜MI素子15Aに高周波電流を供給する発振回路19（図23参照）と、薄膜MI素子15Aからの信号を検波する検波回路20（図23参照）と、検波回路20からの電流を差動増幅して出力する増幅回路21（図23参照）と、増幅回路21の出力部と負帰還コイル12との間に介装されて増幅回路21からの出力信号を負帰還コイル12に負帰還させる負帰還部22（負帰還抵抗）（図23参照）とから大略構成されている。

40 【0026】薄膜MI素子15Aは、矩形薄板状の薄膜磁気コア14を有している。薄膜磁気コア14には図示しない絶縁体を介して薄膜負帰還コイル12及び薄膜バイアスコイル13が巻回されている。薄膜負帰還コイル12及び薄膜バイアスコイル13は交互に巻回されている。薄膜負帰還コイル12の両端には負帰還コイル端子32が接続されている。

【0027】薄膜バイアスコイル13の両端にはバイアスコイル端子33が接続されている。薄膜磁気コア14の両端は第1の電極及び第2の電極（符号省略）を構成し、当該両端には、薄膜MIセンサ端子34が接続されている。前記負帰還コイル端子32の先端には幅広部3

2aが形成されている。バイアスコイル端子33の先端には幅広部33aが形成されている。薄膜MIセンサ端子34の先端には幅広部34aが形成されている。

【0028】基板30には、幅広部32a、33a、34aに対応してその表面部30aから裏面部30bに通じるスルーホール30cがそれぞれ形成されている。基板30の裏面部30bには、各スルーホール30cに対応して駆動回路18などに対する接続パッド30d（端子）がそれぞれ設けられている。前記負帰還コイル端子32、バイアスコイル端子33及び薄膜MIセンサ端子34は、各スルーホール30cを通して接続パッド30dと接続されている。

【0029】基板30の表面部30aには薄膜MI素子15Aを覆うように、シリコン、エポキシ、フェノール、ポリイミド、ノルボック系樹脂、またはセラミックスからなるコーティング24（保護膜）が施されている。コーティング24の厚さTは100μm以下に設定されている。基板30の裏面部30bには前記駆動回路18が搭載されている。薄膜磁気コア14は、NiFe、CoFe、NiFeP、FeNiP、FeCoP、FeNiCoP、CoB、NiCoB、FeNiCoB、FeCoB、CoFeのめっき膜、あるいはCoZrNb、FeSiB、CoSiBのアモルファススパッタ膜、NiFeスパッタ膜により形成されている。

【0030】この実施の形態の磁気インピーダンスヘッドモジュールは、紙幣や磁気カードなどの被測定物3の検出などに用いられ、MIセンサヘッドスライダ31における薄膜MI素子15A（薄膜磁気コア14）が形成された面部（すなわち、コーティング24の表面部24a）を被測定物3と対向させるようにしている。そして、コーティング24の表面部24aにおける角部及び辺部はエッジブレンドが施されており、湾曲した形状（丸み35をもった形状）とされている。

【0031】上述したように構成された磁気インピーダンスヘッドモジュールでは、薄膜磁気コア14に薄膜負帰還コイル12及び薄膜バイアスコイル13を巻回して薄膜MI素子15Aを構成しており、薄膜MI素子15Aが、上述したように薄膜コイルを薄膜磁気コア14の周囲に立体的に巻き回し、薄膜バイアスコイル13と薄膜負帰還コイル12を具備した小型の磁気インピーダンス素子（図22及び図23参照）と同様に小型化を図ることができると共に、この小型化に伴い装置の低廉化を図ることが可能となる。

【0032】また、MI素子の一例である薄膜MI素子15Aは、図15及び図16を用いて説明したように、感度特性が優れ、大きな出力を得ることができ、ひいては微細な磁界検出を行えることになる。図19及び図20を用いて説明した従来技術（紙幣用磁気検出センサ8）では、微細な磁界検出を行う上で感度の面で問題があったが、本実施の形態では、上述したように感度特性が優れ、微細な磁界検出を行えることから、図19及び

図20の従来技術（紙幣用磁気検出センサ8）が惹起する問題を改善することができる。

【0033】また、コーティング24の表面部24aを被測定物3と対向させるように構成したので、その分、被測定物3との距離が短くなって被測定物3をより検出しやすくなると共に、装置のコンパクト化を図ることができる。本実施の形態では、薄膜MI素子15Aを覆うコーティング24の厚さを100μm以下に設定しており、薄膜MI素子15Aと被測定物3との間の距離が100μm以下となり、被測定物3を検出しやすいものになっている。すなわち、図19及び図20の紙幣用磁気検出センサ8では、紙幣（被測定物3）とMR素子9の間にケース11の厚み（250μm程度）分の距離があり、磁界検出を行う上で問題があったが、本実施の形態では、上述したように薄膜MI素子15Aと被測定物3との間の距離が100μm以下であり、良好な感度が確保されることから、図19及び図20の従来技術が惹起する被測定物3との間の距離から生ずる感度の問題を改善することができる。

【0034】また、本実施の形態では、コーティング24の厚さを100μm以下に設定し、このコーティング24の表面部24aに被測定物3を対向するようにしているので、紙幣（被測定物3）とMR素子9の間にケース11の厚み（250μm程度）分の距離が必要とされた図19及び図20の従来技術に比して、装置の小型化を図ることができる。

【0035】また、コーティング24の表面部24aにおける角部及び辺部にはエッジブレンドが施され、丸み35が付けられているので、被測定物3に円滑に接触して被測定物3のスムーズな動きが確保され、良好な検出ひいては信頼性の向上を図ることができる。また、薄膜磁気コア14に薄膜バイアスコイル13を巻回しているため、印加電圧に対するインピーダンス変化特性における基準点（図21参照）の移動を薄膜バイアスコイル13の発生する磁界で行うことができ、前記基準点の移動のために前記MR素子9で必要とされた磁石10が不要となると共に、基準点の移動の調整が磁石10の場合に比して行いやすくなる。

【0036】また、本実施の形態では、MIセンサヘッドスライダ31における薄膜MI素子15Aを搭載した側と反対側の面部（基板30の裏面部30b）に駆動回路18を搭載しており、金のワイヤーボンディング23を用いて接続する従来技術（図25及び図26参照）に比して、構成を簡易にできる。

【0037】本実施の形態では、コーティング24の表面部24aに被測定物3を対向するようにし、薄膜MI素子15A（MIセンサヘッドスライダ31）を横方向にして被測定物3の検出を行うようにしているが、これは次のように検出能力の向上を図ることができるからである。すなわち、紙幣や磁気カードなどの被測定物3

では図10に示すような磁気分布を呈する。そして、図11に示すように、被測定物3（磁界分布）に対して薄膜MI素子15Aを縦方向にして使用する場合、磁気を検出できない範囲40が100 $\mu$ m以上存在し、その分、検出能力が低下する。これに対して、図12に示すように薄膜MI素子15Aを横方向にして使用する場合、磁気を検出できない範囲40が100 $\mu$ m以下に抑えられ、その分、磁気検出できる範囲（磁気検出範囲）7が拡大することになり、上述したように検出能力が向上する。

【0038】本実施の形態のMIセンサヘッドスライダ31を図23の回路に用いて磁気センサを構成し、その出力を求めたところ、図24に示す良好な結果が得られた。また、本実施の形態を用いて紙幣の磁気検出を行ったところ、図13に示す紙幣の磁界検出結果を得ることができた。この場合、紙幣と薄膜MI素子15Aとの距離は600 $\mu$ mとしているが、その距離を100 $\mu$ mに近づけた場合、図14に示されるようになり、距離が600 $\mu$ m（0.6mm）である場合に比して検出能力を6倍程度まで向上できることを確認できた。

【0039】上記第1実施の形態では、基板30に1つの薄膜MI素子15Aを搭載した場合を例にしたが、これに代えて、図4及び図5に示すように、基板30に2つの薄膜MI素子15Aを搭載してMIセンサヘッドスライダ31を作製し、このMIセンサヘッドスライダ31を用いて磁気インピーダンスヘッドモジュール（第2実施の形態）を構成してもよい。

【0040】この第2実施の形態では、2つの薄膜MI素子15Aの温度特性による同相成分を排除でき、安定性の向上を図ることができる。また、感度特性が良い薄膜MI素子15Aが2つあることから、さらに感度の向上が図れる。このため、被接触物と完全に接触しなくても磁界の検出が可能となり、その分、設計自由度を向上できる。

【0041】次に、本発明の第3実施の形態の磁気インピーダンスヘッドモジュールを図7に基づいて説明する。この第3実施の形態では、MIセンサヘッドスライダ31の接続端子と駆動回路18を半田ボールまたはAuボールからなるボールグリッドアレイ41で接続して、磁気インピーダンスヘッドモジュールを構成している。

【0042】この第3実施の形態では、MIセンサヘッドスライダ31と駆動回路18との間にボールグリッドアレイ41を介装して、MIセンサヘッドスライダ31の接続端子（接続パッド30d）に駆動回路18を接続しており、駆動回路18の接続を容易に行えることになる。また、基板30における薄膜MI素子15Aを設けた側と反対側の面部（基板30の裏面部b）に駆動回路18を配置していることから、コーティング24の表面部24aを被測定物3に接触させる（対向させる）ことが可能になる。

【0043】次に、本発明の第4実施の形態を図8及び図9に基づいて説明する。この第4実施の形態は、略正方形の基板30の中央部を空けて2つの薄膜MI素子15Aを配置し、基板30の中央部に半導体で集積した駆動回路18を配置し、駆動回路18及びMIセンサヘッドスライダ31をワイヤーボンディング23で接続し、一体化した磁気インピーダンスヘッドチップ（磁気インピーダンスヘッドモジュール）を構成している。この第4実施の形態では、駆動回路18及びMIセンサヘッドスライダ31が集約されて配置されているので、その分、磁気インピーダンスヘッドチップ（磁気インピーダンスヘッドモジュール）を小型化することができる。

【0044】

【発明の効果】請求項1から請求項3までのいずれかに記載の発明によれば、磁気インピーダンスセンサヘッドスライダにおける薄膜磁気コアが形成された面部を被測定物と対向させるので、被測定物との間にケースを設けることから被測定物とセンサとの間にケース分の厚み分の距離が生じる従来技術に比して、磁界検出を良好に行うことができる。請求項2記載の発明によれば、インピーダンスセンサヘッドスライダの被測定物と対向する面部における角部及び辺部はエッジブレンドされているので、被測定物に円滑に接触して被測定物のスムーズな動きが確保され、良好な検出ひいては信頼性の向上を図ることができる。

【0045】請求項4記載の発明によれば、磁気インピーダンスセンサヘッドスライダと駆動回路とをスルーホールを通して接続でき、両者を一体化することが可能になり、その分、装置をコンパクト化できる。請求項5記載の発明によれば、磁気インピーダンスセンサヘッドスライダと駆動回路とが一体化されて装置が小型化される。請求項6から請求項8までのいずれかに記載の発明によれば、磁気インピーダンスセンサヘッドスライダと駆動回路との接続を容易に行えと共に、両者の一体化が可能となり小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態の磁気インピーダンス素子の駆動回路及び絶縁体を除いた要部を示す平面図である。

【図2】図1の側面図である。

【図3】図1の裏面図である。

【図4】本発明の第2実施の形態の磁気インピーダンス素子の駆動回路及び絶縁体を除いた要部を示す平面図である。

【図5】図4の側面図である。

【図6】図4の裏面図である。

【図7】本発明の第3実施の形態を模式的に示す正面図である。

50 【図8】本発明の第3実施の形態を模式的に示す平面図

である。

【図9】図8の正面図である。

【図10】被測定物3の磁界分布を示す模式図である。

【図11】薄膜MI素子を被測定物（磁界分布）に対して縦方向に配置した例を示す模式図である。

【図12】薄膜MI素子を被測定物（磁界分布）に対して横方向に配置した例を示す模式図である。

【図13】図1のMIセンサヘッドスライダーを図23の回路に用いて構成した磁気センサによる紙幣の磁界検出結果を示す図である。

【図14】紙幣と薄膜MI素子との距離を近づけた場合に検出能力が向上することを説明するための図である。

【図15】従来の磁気インピーダンス素子を模式的に示す図である。

【図16】図15の磁性線のインピーダンス変化の印加磁界依存性を示す図である。

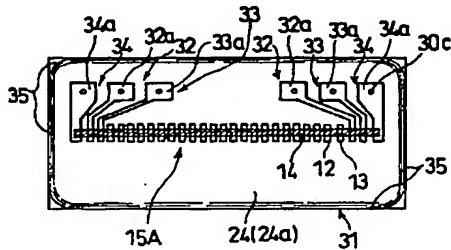
【図17】局所磁界を検出するためにアモルファスワイヤを縦方向に配置した図である。

【図18】局所磁界を検出するためにアモルファスワイヤを横方向に配置した図である。

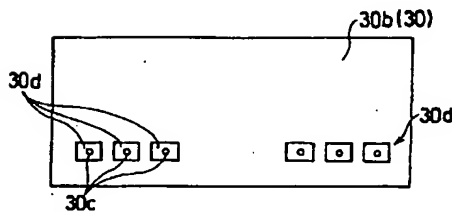
【図19】紙幣用磁気検出センサの一例を示す斜視図である。

【図20】図19の配線状態を示す回路図である。 \*

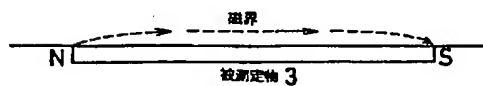
【図1】



【図3】



【図10】



\* 【図21】図19のMR素子の特性を示す図である。

【図22】2つの薄膜磁気インピーダンス素子を設けた磁気センサを示すブロック図である。

【図23】2つの薄膜磁気インピーダンス素子を用いて構成した他の磁気センサを示す回路図である。

【図24】図23の磁気センサの出力特性を示す図である。

【図25】薄膜MI素子と回路を金のワイヤーボンディングを用いて接続した他の磁気センサを示す平面図である。

【図26】図25の磁気センサを示す正面図である。

【符号の説明】

14 薄膜磁気コア

15A 薄膜MI素子

18 駆動回路

24 コーティング

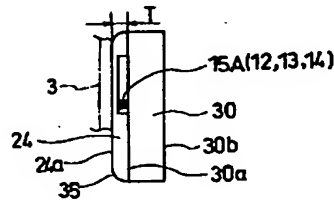
24a 表面部（磁気インピーダンスセンサヘッドスライダにおける薄膜磁気コアが形成された面部）

30 基板

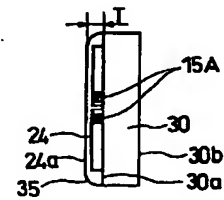
31 MIセンサヘッドスライダ（磁気インピーダンスセンサヘッドスライダ）

35 丸み

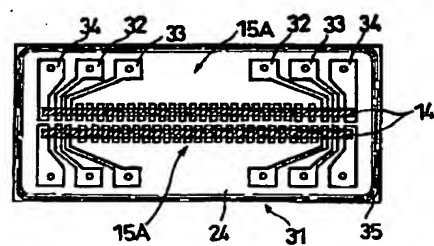
【図2】



【図5】

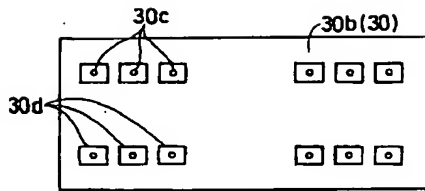


【図4】

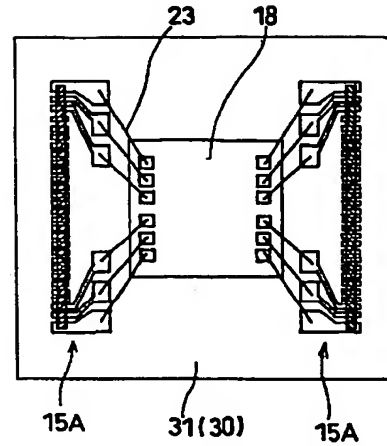




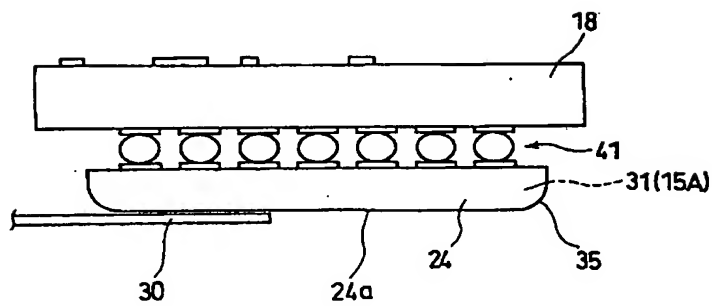
【図6】



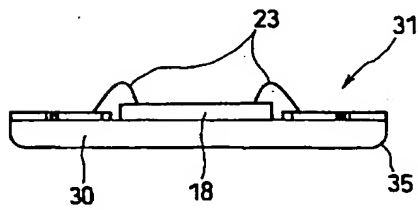
【図8】



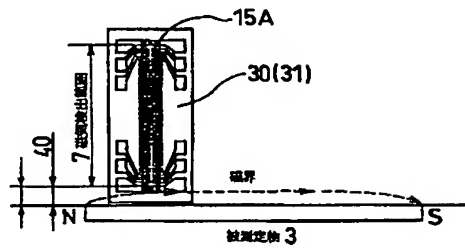
【図7】



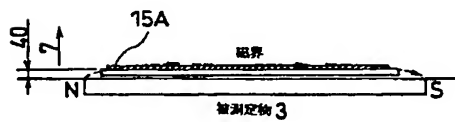
【図9】



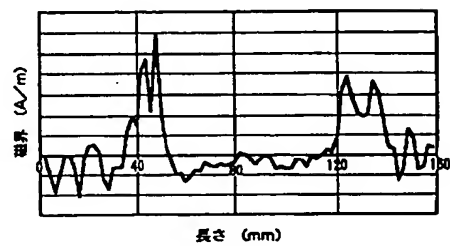
【図11】



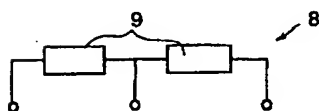
【図12】



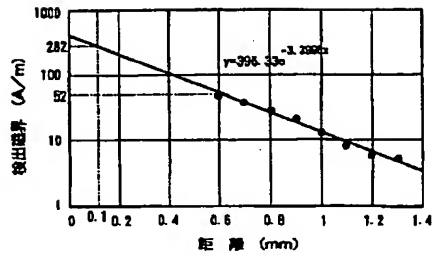
【図13】



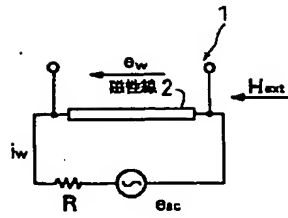
【図20】



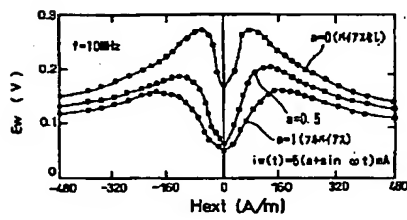
【図14】



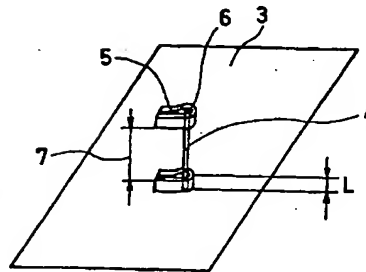
【図15】



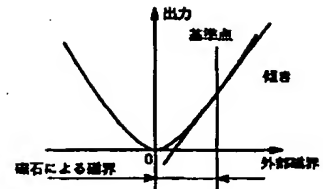
【図16】



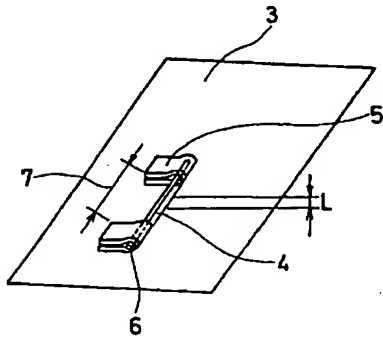
【図17】



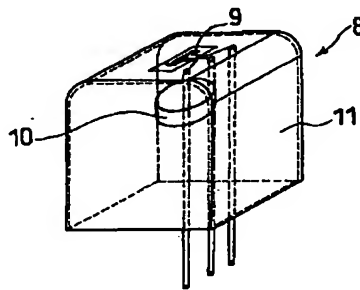
【図21】



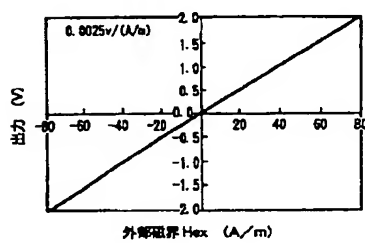
【図18】



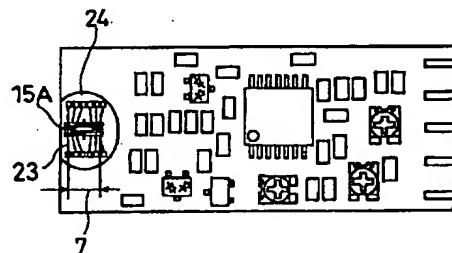
【図19】



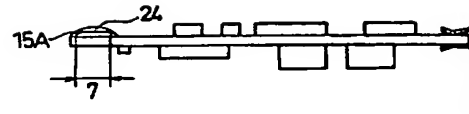
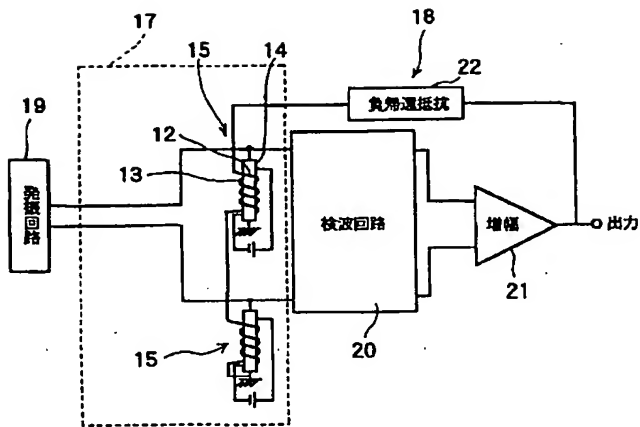
【図24】



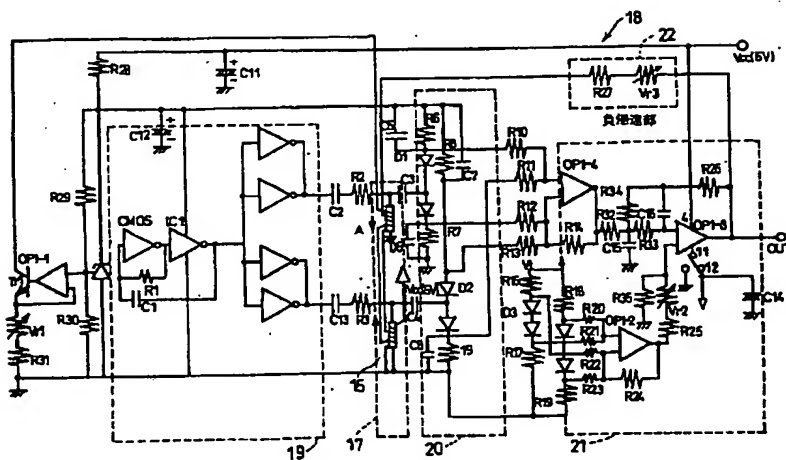
【図25】



【图 26】



【图 23】



(72)発明者 加藤 英樹  
静岡県磐田郡浅羽町浅名1743-1 ミネベ  
ア株式会社浜松製作所内  
Fターム(参考) 2G017 A401 AD51 BA02 BA03 BA05  
BA13